

**FILED****PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 11-167132

(43)Date of publication of application : 22.06.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/37  
G02B 17/08  
// G02B 1/04

(21)Application number : 10-272591

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 09.09.1998

(72)Inventor : WADA HIROYUKI  
OKA MICHIO

(30)Priority

Priority number : 09243739 Priority date : 09.09.1997 Priority country : JP

**(54) OPTICAL SYSTEM FOR ULTRAVIOLET-RAY IRRADIATION OR EMISSION**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a ultraviolet-ray irradiation optical system which never causes an optical component from decreasing characteristics even when irradiating it with ultraviolet rays of shorter than 400 nm in wavelength and an ultraviolet-ray emission optical system which causes no decrease in higher harmonic output even when wavelength conversion to ultraviolet rays of shorter than 400 nm in wavelength is performed by using an external resonator.

**SOLUTION:** As for an optical system which irradiates the optical component with ultraviolet rays of shorter than 400 nm in wavelength, the atmosphere of the optical component or the atmosphere of a mirror part and a nonlinear optical crystal part when ultraviolet rays of shorter than 400 nm in wavelength are emitted by an optical system as a wavelength conversion system having the nonlinear optical crystal arranged in an external resonator consists of more than 99.9% nitrogen, more than 99.9% dry air, gas containing less than 0.1% water, or gas containing less than 0.1% hydrocarbon compounds.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-167132

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月22日

(51) Int. CL<sup>6</sup>  
 G 0 2 F 1/37  
 G 0 2 B 17/08  
 // G 0 2 B 1/04

特許記号

P I

G 0 2 F 1/37

Z

G 0 2 B 17/08

Z

1/04

審査請求 未請求 請求項の数29 FD (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-272591

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月9日

(31) 優先権主張番号 特願平9-243739

(32) 優先日 平9(1997) 9月9日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 和田 裕之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

株式会社内

(72) 発明者 岡 美智雄

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

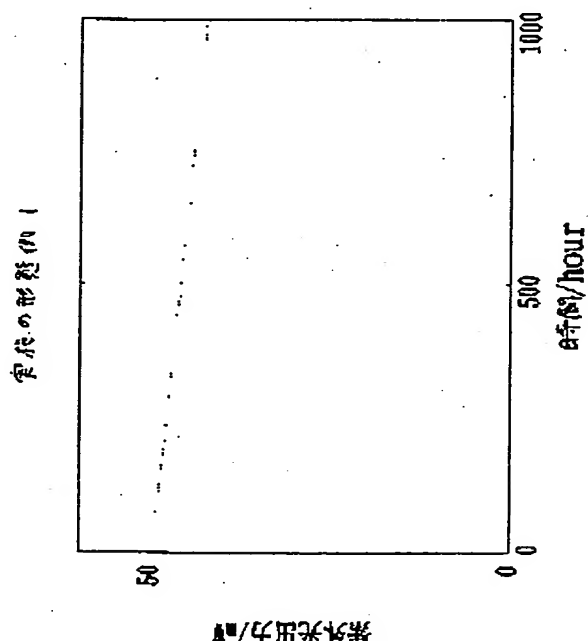
株式会社内

(54) 【発明の名称】 紫外線を照射または発生する光学系

(57) 【要約】

【課題】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射しても特性を低下させない紫外線照射光学系、及び外部共振器を用いて波長400nm以下の紫外線に波長変換する場合も高調波出力低下を生じない紫外線発生光学系を提供する。

【解決手段】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系について、その光学部品の雰囲気、あるいは、外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系である紫外線を発生する光学系で波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を、①99.9%以上の窒素とし、または②99.9%以上の乾燥空気とし、または③水分が0.1%以下の気体とし、または④炭化水素化合物が0.1%以下の気体とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気湿度を大気よりも低減する措置を施すことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項2】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項3】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を99.9%以上の乾燥空気としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項4】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項5】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を炭化水素化合物分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項6】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気湿度を大気よりも低減する措置を施すことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項7】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項8】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の乾燥空気としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項9】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項10】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を炭化水素化合物分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項11】 光学部品に波長266nmの紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気湿度を大気よりも低減する措置

を施すことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項12】 光学部品に波長266nmの紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項13】 光学部品に波長266nmの紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を99.9%以上の乾燥空気としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項14】 光学部品に波長266nmの紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項15】 光学部品に波長266nmの紫外線を照射する光学系であって、

その光学部品の雰囲気を炭化水素化合物分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項16】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気湿度を大気よりも低減する措置を施すことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項17】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項18】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の乾燥空気としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項19】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項20】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を炭化水素化合物分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項21】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部の雰囲気湿度を大気よりも低減する措置を施すことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項22】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生さ

せる場合、そのミラー部の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項23】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部の雰囲気は99.9%以上の窒素としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項24】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項25】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長266nmの紫外線を発生させる場合、そのミラー部の雰囲気を炭化水素化合物が0.1%以下の気体としたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項26】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、その光学部品の雰囲気を酸素が1~100%で、かつ、不純物が0.1%以下の気体にしたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項27】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を酸素が1~100%で、かつ、不純物が0.1%以下の気体にしたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【請求項28】 光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、その光学部品の雰囲気を酸素が1~100%で、かつ、水分が0.1%以下の気体にしたことを特徴とする紫外線を照射する光学系。

【請求項29】 外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を酸素が1~100%で、かつ、水分が0.1%以下の気体にしたことを特徴とする紫外線を発生する光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は紫外線を照射または発生する光学系に関し、さらに詳しくは、光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系、または波長400nm以下の紫外線を発生する光学系に関するものである。本発明は特に、このような波長400nm以下の紫外線を照射または発生する場合にも、光学損失が増加して光学特性が低下することを防止した光学系を提供するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、大気中で光学部品に波長40

0nm以下の紫外線が照射されると、光学部品の特性が低下するという問題がある。これは、このような場合には光学部品の光学損失が増加することに由来すると考えられ、かかる光学損失は、光学部品の表面の大気中の水分や、油分が反応して、その反応物や周囲のパーティクル等が光学部品表面に付着することが原因ではないかと推定される。

【0003】 また、波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、外部共振器を用いた波長変換（これについては、M. Oka and S. Kubota, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 31 (1992) pp. 513, and M. Oka et al., in Digest of Conference on Laser and Electro-Optics (OSA, Washington D. C., 1992), paper CWQ7 参照）等においては、外部共振器内に配置されたミラーや、非線形型光学素子の性能の微妙な劣化が発生し、高周波出力を著しく低下させていた。このような劣化も、本発明者の検討では、上記と同様な事情によるものと推定される。たとえば波長変換されて形成された波長400nm以下の紫外線がミラー等の光学部品をとる際に、光学部品（ミラー等）の性能低下が生じることによるものと考えられる。

【0004】 したがって、このように光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する場合に、また波長400nm以下の紫外線を発生させる場合にも、光学部品の光学損失が増加して光学特性が低下することや、出力性能等の劣化が生じることを防止した光学系の開発が強く望まれている。

【0005】 以下図面を参照して、上記従来技術の問題点について説明する。たとえば波長532nmの基本波を、外部共振器を用いて波長266nmの紫外線光に波長変換する場合、外部共振器部分の構造は図2のようになっている。

【0006】 図2中、符号1~3で示すのは、波長532nmにおいて超高反射率たとえば99.95%以上の反射率を有する高反射ミラー、符号4は、波長532nmにおいて高反射率たとえば99%の反射率を有する入射ミラー、符号5は、端面を鏡面研磨し、波長532nmにおいて低反射率たとえば0.1%以下の反射率の低反射膜を施した波長変換素子の非線形光学結晶BBOである。高反射ミラー3は、図示しないが、位置決めデバイスであるVCM（前掲のJpn. J. Appl. Phys. Vol. 31参照）上に設置されており、たとえばサーボ駆動系により制御されるようになっている。以上、符号1~5で示す要素により、外部共振器部が構成されている。

【0007】 この外部共振器に、図2に矢印6で模式的に示す基本波（ここでは波長532nm）が入射し、ミ

ラー間で出力が増幅され、その増幅により増強された基本波が、非線形光学結晶5 (BBO) で、第2高調波 (ここでは波長266nm) に変換される。図2にこの第2高調波を矢印7で模式的に示す。

【0008】上記のような波長変換を大気中 (典型的な条件としては、気温20℃、湿度50%RHで水分の体\*

$$P_{\omega} = \sqrt{(\delta cav)^2 + 4\gamma_{sn} P_i - \delta cav} / 2\gamma_{sn} \quad \dots \text{式1}$$

【0010】ここで、 $\delta cav$ は外部共振器内の波長532nmでの光学損失、 $P_{\omega}$ は増幅された基本波の出力、 $P_i$ は外部共振器に入射する波長532nmの基本波の出力である。 $\gamma_{sn}$ は、非線形光学結晶5 (BBO) の結晶長、基本波の波長、スポットサイズ、フォーカシングパラメータから決定される非線形変換ファクターと言われる定数である。

【0011】上記式1より、外部共振器内において、光学損失 $\delta cav$ が増加すると、基本波の出力 $P_{\omega}$ は低下することがわかる。

【0012】一方、基本波の出力と、第2高調波の出力との関係は、次の式2で示される。

【0013】

【数2】

$$P_2 \omega = \gamma_{sn} P_{\omega}^2 \quad \dots \text{式2}$$

【0014】ここで、 $P_{\omega}$ は非線形光学結晶5 (BBO) に入射した基本波の出力、 $P_2 \omega$ は非線形光学結晶5 (BBO) で波長変換されて発生した第2高調波の出力、 $\gamma_{sn}$ は上記した非線形変換ファクターである。

【0015】上記式2より、基本波の出力 $P_{\omega}$ が低下すると、第2高調波の出力 $P_2 \omega$ も低下することがわかる。たいてい言えば、およそ5~10時間で、第2高調波出力が半減する。実際に通常の条件で試験をしたところ、当初たとえば50mWの紫外光が、図3に示すように、20時間で0mWに減じる (0mWになる時間は、条件によって異なる)。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した従来技術の問題点を解決することを課題とするもので、特に、光学部品に波長400nm以下 (特にたとえば波長266nm) の紫外線を照射してもその特性を低下させない紫外線照射光学系を提供することを目的とし、また、外部共振器を用いて波長400nm以下 (特にたとえば波長266nm) の紫外線に波長変換する場合においても、高調波出力の低下を生じない紫外線発生光学系を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するため、本発明に係る紫外線を照射する光学系は、光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、その光学部品の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする。なお本明細書中、%による割合の表示の方法はすべて「体積分率」である。

\* 積分率は1.1%程度)で行うと、ミラー (特にミラー1) の光学損失 (具体的には、主に散乱) が増加する。光学損失と、外部共振器内の波長532nmの基本波の増幅された出力は、次の式1で示される。

【0009】

【数1】

【0018】また、その光学部品の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする。

【0019】また、その光学部品の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする。

【0020】また、その光学部品の雰囲気を炭化水素化合物が0.1%以下の気体としたことを特徴とする。

【0021】また、上述した目的を達成するため、本発明に係る紫外線を発生する光学系は、外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする。

20 【0022】また、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の窒素としたことを特徴とする。

【0023】また、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を水分が0.1%以下の気体としたことを特徴とする。

【0024】また、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を炭化水素化合物が0.1%以下の気体としたことを特徴とする。

30 【0025】本発明は、従来は考慮されていなかった、波長400nm以下の紫外線を照射または発生させる場合の雰囲気について注目し、特に、窒素、窒素の純度、また、水分、油分 (炭化水素化合物) の含有量に着目して、種々検討の結果、なされたものである。本発明によれば、その機構の詳細は解明されていないが、波長400nm以下の紫外線については、その雰囲気の窒素、窒素の純度、また、水分、油分 (炭化水素化合物) の含有量が本発明の範囲であれば、本発明の目的に合致した良好な結果が得られるのである。

40 【0026】なお、特開昭60-57695号公報には、レーザー素子を機密封止してその劣化を防止する技術が記載され、特開平4-84481号公報には、半導体レーザー装置のパッケージに不活性ガスを封入してレーザー素子を保護する技術が記載され、特開平5-110174号公報には、レーザーダイオードを不活性ガス雰囲気とする技術が記載されているが、いずれも本発明とは構成を異にする。

【0027】

50 【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態例について説明し、さらに、具体的な好ましい実施の形態例を、図面を参照して説明する。ただし当然のことである

が、本発明は以下述べる実施の形態例により限定を受けるものではない。

【0028】本発明に係る紫外線を照射する光学系は、光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系であって、その光学部品の雰囲気を99.9%以上の窒素とし、または99.9%以上の空気とし、または水分が0.1%以下の気体とし、または炭化水素化合物分が0.1%以下の気体としたものである。この場合に、光学部品を上記の雰囲気にするのは、その光学部品を、上記の各雰囲気ガス、すなわち、99.9%以上の窒素、または99.9%以上の空気、または水分が0.1%以下の気体、または炭化水素化合物分が0.1%以下の気体で封入する手段を用いることができる。

【0029】あるいは、各光学部品の周辺部を、上記の各雰囲気ガスでバージする手段を用いることができる。たとえばバージする場合には、密閉容器に2以上の穴を開け、その1つから上記の各雰囲気ガス、すなわち、99.9%以上の窒素、または99.9%以上の空気、または水分が0.1%以下の気体、または炭化水素化合物分が0.1%以下の気体を入れ、一方他の穴からもともとその密閉容器に存在していた気体を追い出して、容器内を上記の各雰囲気ガスで置換するようにして実施することができる。

【0030】また、本発明に係る紫外線を発生する光学系は、外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる場合、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.9%以上の窒素とし、または99.9%以上の空気とし、または水分が0.1%以下の気体とし、または炭化水素化合物分が0.1%以下の気体としたものである。この場合に、上記ミラー部及び非線形光学結晶部を上記の雰囲気にするのは、これらの部分を、上記の各雰囲気ガス、すなわち、99.9%以上の窒素、または99.9%以上の空気、または水分が0.1%以下の気体、または炭化水素化合物分が0.1%以下の気体で封入した構成とする手段を用いることができる。

【0031】あるいは、上記の部分を上記の各雰囲気ガスでバージする手段を用いることができる。たとえばバージする場合には、これらの部分を配置する空間を密閉容器としてこの密閉容器に2以上の穴を開け、その1つから上記の各雰囲気ガス、すなわち、99.9%以上の窒素、または99.9%以上の空気、または水分が0.1%以下の気体、または炭化水素化合物分が0.1%以下の気体を入れ、一方他の穴からもともとその密閉容器に存在していた気体を追い出して、容器内を上記の各雰囲気ガスで置換するようにして実施することができる。

【0032】以下、具体的な実施の形態例を述べる。

#### 実施の形態例1

この実施の形態例は、図2を用いて説明した外部共振器

部分を有する紫外線発生光学系、すなわち外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系について、本発明を適用したものである。

【0033】本例においては、図2に示す外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換において波長400nm以下の紫外線を発生させる光学系で、そのミラー部及び非線形光学結晶部の雰囲気を99.999%以上の窒素とした。図2の、高反射ミラー1~3、入射ミラー4、波長変換素子である非線形光学結晶BBO5の各部分を、この99.999%以上の窒素雰囲気としたものである。具体的には、図2に示す外部共振器内を99.999%以上の窒素でバージして、上記と同様な波長変換を行った。

【0034】この結果、図1に示すように、ミラーの光学損失は増加せず、第2高調波の出力も、1000時間以上、わずかに低下が見られる程度であるというデータが得られた。なお図1は、横軸に時間(hour)をとり、縦軸に第2高調波の出力(紫外光出力/mW)をとって、第2高調波の出力の時間経過による劣化を見たものであるが、図1から理解されるように、1000時間以上、第2高調波の出力の減衰はわずかであった。

【0035】なお図4には、紫外光発生のためのグリーン出力が経時的に多少上昇した場合のデータを示すが、経時変化を抑制した条件であれば、図1と同様のデータとなる。

#### 【0036】実施の形態例2

この実施の形態例は、実施の形態例1と同様に、図2を用いて説明した外部共振器部分を有する紫外線発生光学系、すなわち外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系について、本発明を適用したが、ここでは、図2に示す外部共振器内を99.999%以上の乾燥空気

でバージして、上記と同様な波長変換を行った。【0037】この結果、時間(hour)と第2高調波の出力(紫外光出力/mW)との関係が、図5に示すように、1000時間経過でも当初の50mWからほとんど低下の認められないきわめて良好なデータが得られた。

#### 【0038】実施の形態例3

この実施の形態例は、実施の形態例1と同様に、図2を用いて説明した外部共振器部分を有する紫外線発生光学系、すなわち外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系について、本発明を適用したが、ここでは、図2に示す外部共振器内を99.9%以上の窒素でバージして、上記と同様な波長変換を行った。

【0039】この結果、図6に示すように、大気中で行ったものに比べ、1000時間以上もの間、紫外光出力が得られるというデータが得られた。図6は、時間(hour)と第2高調波の出力(紫外光出力/mW)との関係を示すものであるが、図6から理解されるように、出力の低下は見られるものの、1000時間以上、第2

高調波の出力が得られた。

#### 【0040】実施の形態例4

この実施の形態例は、実施の形態例1と同様に、図2を用いて説明した外部共振器部分を有する紫外線発生光学系、すなわち外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系について、本発明を適用したが、ここでは、図2に示す外部共振器内を99.9%以上の乾燥空気で作成して、上記と同様な波長変換を行った。

#### 【0041】この結果、本例では、図5に示すデータ

(実施の形態例2)よりはやや出力の低下の傾向は見られたが、図6に示すデータ(実施の形態例3)よりも出力の低下は見られず、やはり大気中で行ったものに比べ、1000時間以上もの間、安定した紫外光出力が得られるというデータが得られた。

【0042】本例、及び上述の実施の形態例1~3と、従来技術から、不純物量1%(たとえば水分量1%、純度99%)では、紫外光出力が20時間程度で0mWになってしまうが、不純物量0.1%(純度99.9%)、及び不純物量0.001%(純度99.999%)では1000時間程度紫外光出力が得られ、よって不純物量0.1%(特に水分0.1%)以下で、大きな効果がもたらされていることがわかる。この理由は明確ではないが、たとえば大気中の不純物(水分等)と紫外光により何らかの物質から成る散乱体が光学部品上に形成されるために出力の劣化が起きるが、これが上記構成で防止されることによると推定される。また特に、空気等酸素が存在する系で、良好な結果が得られている。

#### 【0043】実施の形態例5

この実施の形態例は、実施の形態例1と同様に、図2を用いて説明した外部共振器部分を有する紫外線発生光学系、すなわち外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系について、本発明を適用したが、ここでは、図2に示す外部共振器内を、水分が0.1%以下の気体(窒素、乾燥空気、アルゴン、ヘリウム等の気体を使用して実施)で作成して、上記と同様な波長変換を行った。

【0044】この結果、ほぼ図6に示すデータ(実施の形態例3)と同様のデータが得られ、大気中で行ったものに比べ、1000時間以上もの間、紫外光出力が得られるというデータが得られた。

#### 【0045】実施の形態例6

この実施の形態例は、実施の形態例1と同様に、図2を用いて説明した外部共振器部分を有する紫外線発生光学系、すなわち外部共振器内に非線形光学結晶を配置した波長変換系について、本発明を適用したが、ここでは、図2に示す外部共振器内を、炭化水素化合物が0.1%以下の気体(窒素、乾燥空気、アルゴン、ヘリウム等の気体を使用して実施)で作成して、上記と同様な波長変換を行った。

【0046】この結果、ほぼ図6に示すデータ(実施の

形態例3)と同様のデータが得られ、大気中で行ったものに比べ、1000時間以上もの間、紫外光出力が得られるというデータが得られた。

#### 【0047】実施の形態例7~12

この実施の形態例は、実施の形態例1~6と同様に、図2の外部共振器部分を各雰囲気にしたが、これら実施の形態例7~12では、実施の形態例1~6が各雰囲気ガスをパージする手法を用いたのに対し、ここでは、外部共振器の構成要素を配置する空間を、もともと各雰囲気ガスで封入するようにした。この結果、対応する実施の形態例1~6と同様の効果が得られた。また、水分、油分(炭化水素化合物分)を吸着させる材料を共振器とともに封入することによっても、同様の効果が得られた。

#### 【0048】実施の形態例13

この実施の形態例では、実施の形態例1~12と同様であるが、水分、油分(炭化水素化合物分)などの不純物量が0.1%以下で、酸素が1%、20%、50%、80%、100%の気体でミラー部及び光学結晶部の雰囲気を満たした場合で実施した。この場合の紫外光出力の経時変化は、図5に示すとおりで、良好な結果が得られた。この例から、酸素が含まれなくても1000時間紫外光は得られるが(たとえば図1、図6参照)、酸素が1%以上含まれることにより、紫外光出力がさらに安定になることがわかる。特にたとえば、不純物量がきわめて微量の場合(たとえば不純物量が0.001%以下のような場合)に、酸素が1%以上存在すると、図5に示すように、出力が全く低下しないというよいデータが得られる。これは、紫外光によりわずかに生成すると考えられる散乱物質を、酸素が酸化によって分解するためではないかと推定される。

#### 【0049】実施の形態例14~19

この実施の形態例は、光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系について、その光学部品の周辺部の雰囲気を実施の形態例1~6と同様な、各雰囲気にしたものである。この結果、従来見られたような光学部品の特性の低下は見られず、良好な特性が得られた。

#### 【0050】実施の形態例20~25

この実施の形態例は、光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射する光学系について、その光学部品の雰囲気を実施の形態例7~12と同様に、各雰囲気にしたものである。この結果、従来見られたような光学部品の特性の低下は見られず、良好な特性が得られた。なお、上述の実施の形態例は、いずれも波長266nmの紫外光についての結果であるが、同様の結果が波長355nmの紫外光について得られた。波長522nmの光では得られなかった。波長400nm以下の紫外光について本発明の効果が得られることがわかる。

#### 【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光学部品に波長400nm以下の紫外線を照射してもそ

の特性を低下させない紫外線照射光学系を提供することができ、また、外部共振器を用いて波長400nm以下の紫外線に波長変換する場合においても、高調波出力の低下を生じない紫外線発生光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態例1の作用を示す図である。

【図2】 波長400nm以下の紫外線に波長変換する場合に用いる外部共振器の構成を示す図である。

\*10

\*【図3】 従来技術の問題点を示す図である。

【図4】 本発明の実施の形態例1の作用を示す図である。

【図5】 本発明の実施の形態例2の作用を示す図である。

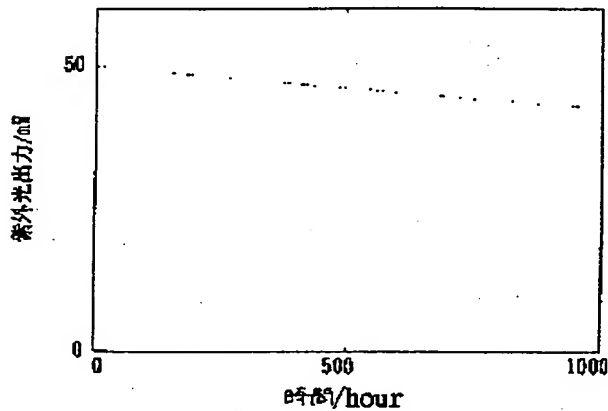
【図6】 本発明の実施の形態例3の作用を示す図である。

【符号の説明】

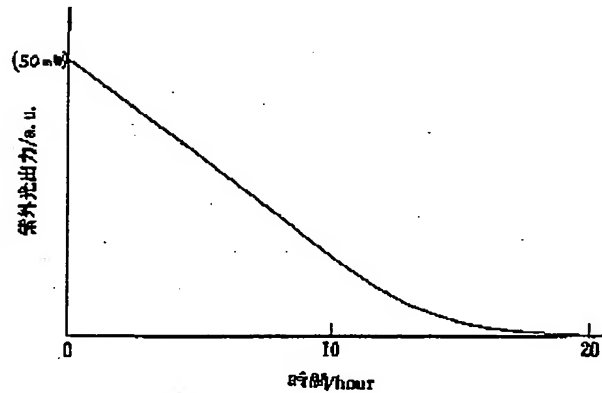
1～3・・・高反射率ミラー、4・・・入射ミラー、5・・・非線形光学結晶(BBO)。

【図1】

実施の形態例1

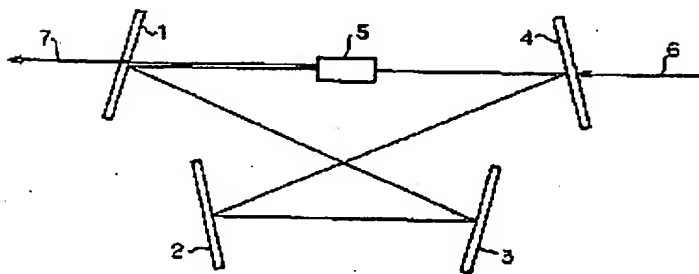


【図3】

従来の技術  
(紫外光出力:20時間で50mW→60mW)

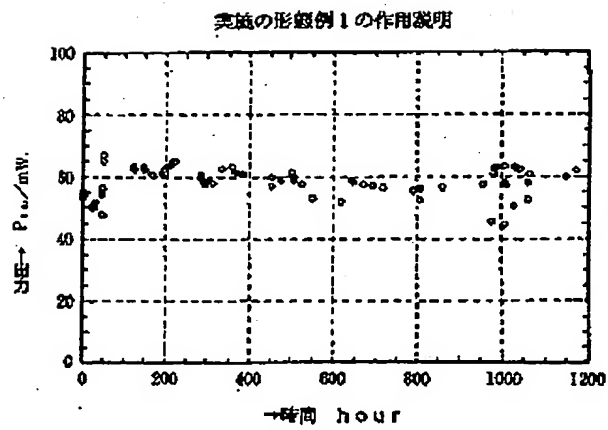
【図2】

外部共振器の構成

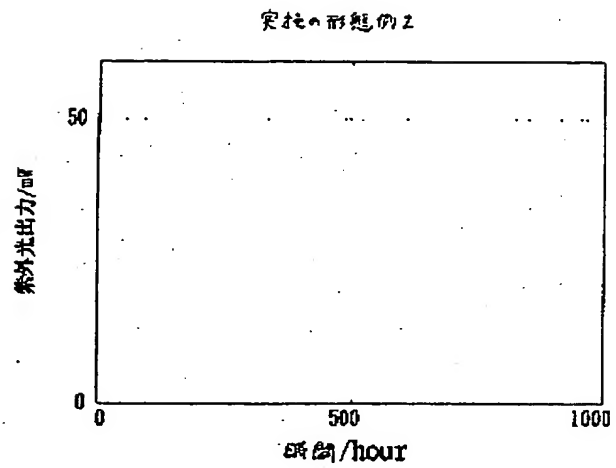




【図4】



【図5】



【図6】

